

**Comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Botello del municipio de Facatativá,
Cundinamarca Colombia**

Jessica Paola Granados Parra
Trabajo de grado para obtener el título de
Tecnóloga en Saneamiento Ambiental

CEAD-José Acevedo Y Gómez
Escuela Agrícolas y Pecuarias Del Medio Ambiente-ECAPMA
Universidad Nacional Abierta Y A Distancia -UNAD
Bogotá D.C. 2021

**Comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Botello del municipio de Facatativá,
Cundinamarca Colombia**

Jessica Paola Granados Parra
Trabajo de grado en la modalidad investigación

Director: Mcs. Graciela Garzón Marín

Codirector: Mcs Mery Fonseca Lara

CEAD-José Acevedo Y Gómez
Escuela Agrícolas y Pecuarias Del Medio Ambiente-ECAPMA
Universidad Nacional Abierta Y A Distancia -UNAD
Bogotá D.C. 2021

Nota de advertencia

Artículo 23 de la resolución no. 13 de julio de 1946; “la universidad no se hace responsable por conceptos emitidos por sus alumnos en sus tesis de grado”

Dedicatoria

A Dios.

A mi familia, en especial a mi esposo e hijos por impulsarme con su amor a seguir adelante para alcanzar mis sueños y hacer posible esta meta.

A MSc. Graciela Garzón por su apoyo incondicional y por ser la persona que es.

A todas las personas que hacen parte de mi vida, a los que están y a los que ya no están.

Agradecimientos

A todos los docentes que apoyaron este trabajo aportando sus conocimientos para hacer posible la investigación y desarrollo de principio a fin, en especial a los docentes: Graciela Garzón, Jordano Salamanca, Andrés Arias, Mery Fonseca y Diana Muñoz.

A la ONG Mano de Oso.

Al presidente de la Junta de Acción Comunal, el Señor Carlos Rodríguez.

A la estudiante Tatiana Dueñas por su participación, colaboración durante la recolección de muestras y caracterización de los morfotipos identificados.

Contenido

Lista de Figuras.....	8
Listado de Tablas	9
Introducción	12
Objetivo General.....	15
Objetivos específicos.....	15
Marco Teórico.....	16
Hídrico.....	16
Río Botello - Facatativá.....	17
Macroinvertebrados acuáticos.....	18
Muestreo.....	19
Evaluación de la integridad biológica.....	20
Biological Monitoring Working Party (BMWP).....	20
Georreferenciación.....	22
Metodología	23
Sitio de estudio.....	23
Georreferenciación.....	24
Campo.....	25
Laboratorio.....	26
Análisis ecológicos y estadísticos.....	27
<i>Integridad Biológica</i>	27
<i>Aplicación y evaluación del índice BMW/PCol</i>	27
<i>Sistemas de coberturas</i>	27
Resultados.....	29
Integridad Biología.....	29
<i>Estructura general de las comunidades hidrobiológicas</i>	30
<i>Análisis de la Varianza</i>	31
<i>Log de abundancia</i>	32
Aplicación y evaluación del índice BMWP/Col	33
Coberturas	34
Figura 7.	35
<i>Unidades de coberturas identificadas en el sitio de estudio. Microcuenca río Botello en su parte alta y media</i>	35

<i>Bosque y área seminatural – Área Arbustal</i>	35
<i>Bosque y área seminatural – Bosque Ripario</i>	35
<i>Territorio Agrícola- Cultivos Transitorios</i>	36
<i>Territorio Artificializado – Agroindustria</i>	36
<i>Territorio Artificializado – Tejido Discontinuo</i>	36
<i>Territorio Artificializado – Zona Industrial</i>	36
Discusión.....	38
Conclusiones	44
3. Recomendaciones	46
4. Referencias Bibliográficas.....	47

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i>	23
<i>Figura 2.</i>	24
<i>Figura 3.</i>	25
<i>Figura 4.</i>	26
<i>Figura 6.</i>	32
<i>Figura 5.</i>	33
<i>Figura 7.</i>	35

Listado de Tablas

<i>Tabla 1</i>	22
<i>Tabla 2</i>	30
<i>Tabla 3</i>	31
<i>Tabla 4</i>	31
<i>Tabla 5</i>	34

Resumen

El río Botello es afluente de la cuenca media del río Bogotá, actualmente es la principal fuente de abastecimiento de agua para la población del municipio de Facatativá, las diferentes actividades antrópicas desarrolladas en cercanía a la ronda de este río están relacionadas con el impacto generado y a su vez se desconocen las comunidades de macroinvertebrados pertenecientes a este sistema hídrico. Por lo cual, este trabajo tiene como principal objetivo caracterizar las comunidades hidrobiológicas del río Botello del municipio de Facatativá, con el fin de determinar posibles grados de contaminación, para ello se realizó muestreos durante cuatro meses con intervalos quincenales en puntos establecidos mediante coordenadas en la parte alta y media de esta microcuenca, los cuales se ubicaron principalmente en la vereda la Tribuna, teniendo una distancia aproximada de 100 m en la parte alta y con variación en cada distancia de la parte media. Para la recolección de muestras se utilizaron redes tipo Surber haciendo la debida preservación y rotulación. Se registraron 593 morfotipos pertenecientes a 13 familias, permitiendo establecer los datos de la estructura general de los morfotipos, las diferencias significativas en el ensamblaje muestreado, la distribución de abundancia, aplicación del Índice BMWP/col asignando puntaje a cada familia caracterizada, evidenciando aguas muy contaminadas y aguas moderadamente contaminadas. Con apoyo de la aplicación de Google Earth y la metodología CORINE Land Cover/Col se realizó interpretación visual de las unidades de coberturas existentes permitiendo asociar las actividades antrópicas con la disponibilidad del recurso hídrico.

Palabras Clave: insectos, bioindicadores, impacto ambiental, calidad de agua, grados de contaminación.

Abstract

The Botello River is a tributary of the middle basin of the Bogotá River, currently it is the main source of water supply for the population of the municipality of Facatativá, the different anthropic activities developed in proximity to the round of this river are related to the impact generated and in turn the communities of macroinvertebrates belonging to this water system are unknown. Therefore, this work has as main objective to characterize the hydrobiological communities of the Botello river of the municipality of Facatativá, in order to determine possible degrees of pollution, for this purpose sampling was carried out for four months with biweekly intervals at points established by coordinates in the upper and middle part of this microbasin, which were located mainly in the village of La Tribuna, having an approximate distance of 100 m in the upper part and with variation in each distance of the middle part. For the collection of samples sand used Surber type nets doing the proper preservation and labeling. We recorded 593 morphotypes belonging to 13 families, allowing to establish the data of the general structure of the morphotypes, the significant differences in the sampled assembly, the distribution of abundance, application of the BMWP/cabbage Index assigning score to each characterized family, evidencing highly polluted waters and moderately contaminated waters. Con support of the application of Google Earth and the methodology CORINE Land Cover/Col was made visual interpretation of the units of existing coverages allowing to associate the anthropic activities with the availability of the water resource.

Keywords: insects, bioindicators, environmental impact, water quality, degrees of contamination.

Introducción

En la actualidad uno de los mayores retos para la conservación de la vida en el planeta, es el uso consciente y racional del agua, en este sentido, al igual que en otras partes del mundo, el agua en América Latina es esencial para toda forma de vida y según las estadísticas del Programa Ambiental de Naciones Unidas, la región latinoamericana cuenta con el 65% de agua dulce del mundo. Pese a esto, la relación entre la oferta y demanda de agua promueve escenarios con situaciones muy complejas y variadas de acuerdo con cada país (Yáñez y Villacís, 2016). El aumento en la escasez de agua en América Latina y del Caribe, ocasionada por el cambio climático, las sequías prolongadas y el aumento constante de la población humana, a futuro podría llegar a ocasionar conflictos entre regiones (Fernández, 2009).

Por otra parte, en los sistemas de producción rural el recurso hídrico destinado a la producción agrícola se caracteriza por ser una de las principales causas de degradación de los recursos naturales y sus diferentes componentes. Una de las causas asociadas es el sobrepastoreo, teniendo como efecto negativo la deforestación y los daños invaluable en la biodiversidad, la fragmentación del hábitat y los fuertes cambios se destacan como las mayores amenazas en términos ambientales. Del proceso de fragmentación se evidencia la interrupción del movimiento de especies de insectos herbívoros, cambiando las relaciones entre diferentes organismos; degradando y destruyendo por completo los ecosistemas (Chaves, 2015).

Sumado a estos problemas ecosistémicos y de acuerdo con lo que expresa (Navarro, 2004); se estima que en Colombia existen cerca de 1.600 cuerpos de agua (lagunas, ríos, embalses) lo que ha generado como creencia popular que es un país privilegiado por la producción de agua y lluvias, también es claro la deficiencia que presenta a nivel de infraestructura sanitaria, ya sea por la falta de estas o por el mal funcionamiento y carencia de mantenimiento de las mismas, así, el país se encuentra en una posición crítica en materia de

conservación de las fuentes de agua y la protección de su calidad. Al hablar de los 1.123 municipios existentes, solamente 300 de estos cuentan con acueductos que dan cumplimiento con un mínimo de condiciones de funcionamiento y de las 237 estaciones de tratamiento de agua, solo 28 funcionan adecuadamente. Debido a esto, la débil capacidad sanitaria que posee el país hace que la contaminación de los ríos sea una de las principales causas de deterioro del recurso hídrico. En el departamento de Cundinamarca se localiza la cuenca del río Bogotá y sus dieciocho (18) subcuencas, su desarrollo está dado bajo la carencia de integridad y visión regional, sin contar con suficientes análisis en la aplicación de instrumentos de planificación y ordenamiento e inadecuada utilización de la información y de los recursos existentes del territorio, esto ha generado desequilibrios funcionales, habitacionales y un deficiente uso de los recursos naturales como consecuencia de las actividades antrópicas y la desproporción entre la demanda humana de bienes y servicios ambientales con respecto a la capacidad de los ecosistemas en autorregularse (CAR, Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá, 2006).

El río Botello, siendo una cuenca de tercer orden de acuerdo con la resolución 0973 del 25 de mayo de 2015, sin desestimarla, para el desarrollo de este trabajo se emplea el término microcuenca para hacer referencia de este cuerpo de agua, donde su nacimiento se ubica en el cerro Peñas de Aserradero, ubicado en la Vereda la Tribuna del municipio de Facatativá, esta microcuenca es la principal fuente de abastecimiento de agua para la población perteneciente al municipio. Actualmente presenta desequilibrio ecosistémico debido a la contaminación generada por los vertimientos poblacionales, vertimientos industriales de diferentes ciclos productivos, actividades agropecuarias con modelos poco sostenibles, asentamientos poblacionales dispersos, ausencia de vegetación protectora en algunos tramos, deforestación de bosques riparios y

especies nativas siendo eventualmente sustituidas por especies introducidas y cultivos transitorios, la captación de grandes cantidades de agua, realizada principalmente por las actividades de ganadería y floricultura, además presentando una problemática con respecto a la ictiofauna de esta zona, debido a que no se tiene mucha información sobre este aspecto, (Vega, 2011); (Antonio & Monroy, 2015); (Alcaldía Municipal, 2020); (Casas, 2016), en este sentido el monitoreo de las fuentes de agua se convierte en una herramienta de gran importancia para su vigilancia. En base a lo anterior, el propósito de este trabajo es determinar la calidad del agua perteneciente a la microcuenca del río Botello, caracterizando las comunidades hidrobiológicas presentes en la microcuenca alta y la microcuenca media, empleando índices biológicos para hacer diagnóstico de la calidad del agua.

Objetivo General

Caracterizar las comunidades hidrobiológicas pertenecientes al río Botello del municipio de Facatativá.

Objetivos específicos

Evaluar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Botello municipio de Facatativá.

Determinar la calidad del agua del río Botello a partir de los indicadores biológicos.

Asociar estrategias de gestión ambiental para garantizar la calidad del agua en el río Botello.

Marco Teórico

En el presente documento el marco teórico se desarrolla dentro de los siguientes Ítems:

Hídrico.

En América Latina y el Caribe se encuentra cerca del 28% del recurso hídrico mundial, siendo una fuente valiosa para la humanidad, cuenta con dos de las mayores cuencas hidrográficas del mundo, pese a este panorama de riqueza del recurso, existen cerca de 80 millones de personas sin disponibilidad ni acceso a agua potable (Guerrero, 2006). “Las enfermedades de origen hídrico aparecen entre las tres principales causas de muerte, con el consecuente impacto en la salud pública de la región. Se han identificado, igualmente, desigualdades significativas en el acceso a los servicios” (Guzmán, 2015), esto aumenta la exposición a los riesgos ambientales en diferentes regiones, afectando a sus grupos poblacionales.

Colombia por su parte es reconocida a nivel mundial por su riqueza hídrica y biodiversidad, teniendo una disponibilidad de agua seis veces mayor que el promedio mundial y tres veces mayor al promedio latinoamericano, siendo esto debido a la posición latitudinal y las características geográficas del país (Atehortúa, 2019). En el territorio colombiano, existen diferentes problemáticas ambientales, una de estas, es la limitada gestión del recurso hídrico, derivando un gran impacto ambiental en los ríos y mares colombianos, que son fuentes de abastecimiento de la población de todo el territorio y en muchos casos las poblaciones más vulnerables hacen uso de los cuerpos de agua más cercanos sin tratamiento previo.

De acuerdo con la estructura general organizacional de las alcaldías municipales, estas formulan y ejecutan bajo la orientación de lo estipulado en el Plan Nacional de Desarrollo para cada una de las regiones y cuencas hidrográficas. En el municipio de Facatativá, en su plan de Ordenamiento Territorial se establece bajo el modelo regional sostenible con la incorporación de un enfoque integral sobre el sistema hídrico del río Bogotá, teniendo en cuenta su manejo y protección como elemento básico de la estructura ecológica para el desarrollo de programas y planes de saneamiento del río Bogotá, se requiere primero la puesta en marcha de obras de alcantarillado sanitario y pluvial que permita la recuperación ambiental de sus afluentes (Ecoforest Ltda, s. f.).

Río Botello - Facatativá.

El río Botello es una de las principales fuentes de abastecimiento hídrico a nivel urbano y rural del municipio de Facatativá, tiene una extensión aproximada de 25 Km, en esta microcuenca “ se vierten aguas de las quebradas de Muña, San Rafael, El Vino, El pozo de la Mirta y río la Pava” (Álzate & Hernández, 2007), siguiendo su recorrido hasta la laguna de la Herrera, luego se une al río Subachoque para finalmente desembocar en el río Bogotá (Estupiñán, 2012). En la actualidad las principales causas del deterioro hídrico en el Río Botello son actividades como la deforestación, las actividades agropecuarias, el aumento de vertimientos sin seguimiento, el aumento y disposición final de residuos sólidos, actividades industriales entre otros (Antonio & Monroy, 2015), por lo anterior, es necesario investigar los índices biológicos haciendo uso de comunidades de macroinvertebrados presentes en el río Botello, empleando estos, como bioindicadores de la calidad de agua asociada a esta microcuenca.

Macroinvertebrados acuáticos.

Descripción de Roldán (1996); "los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista, y corresponde a todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud". Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a sistemas dulceacuícolas poseen variedad de adaptaciones y en algunos grupos su ciclo de vida es largo y se desarrolla en el agua (Hanson, 2010). Teniendo presente la adaptación de cada grupo, los macroinvertebrados recibe una denominación en relación con la interacción en el medio acuático:

- Neuston; son aquellos que interactúan sobre la superficie del agua, conocidos comúnmente como patinadores.
- Necton; siendo estos lo que interactúan libremente, conocidos comúnmente como nadadores.
- Bentos; son el último grupo, siendo organismos que viven en el fondo, adheridos a los sedimentos y sustratos del cuerpo de agua (Álvarez, 2005).

Con estas características y adaptaciones mencionadas, en la actualidad diferentes comunidades de macroinvertebrados son empleados como índices biológicos para determinar la calidad del agua. En este grupo se incluyen taxones como: Moluscos, Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decapodos), Turbelarios, Oligoquetos, Hirudíneos y fundamentalmente insectos entre los cuales se encuentran; coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y tricópteros (Sánchez & García, 2018). Todos estos individuos pertenecientes a la entomofauna, se destacan por su abundancia, la diversidad en cuanto a su taxonomía, los ecosistemas colonizados, los microhábitats y las funciones ecológicas en las que intervienen, de acuerdo con (Zuñiga, 2014), los macroinvertebrados "participan activamente en el ciclo de los nutrientes y constituyen un recurso básico en la alimentación de organismos

acuáticos y terrestres como peces, anfibios, aves, murciélagos, e incluso otros insectos". Siendo sensibles a los cambios medio ambientales, se refleja la gran influencia en la distribución, riqueza y abundancia de las comunidades de insectos acuáticos en los cuerpos de agua (Mosquera & Córdoba, 2015), por lo cual con su rápida respuesta a cambios ambientales los hace atractivos en estudios de conservación, monitoreo de la biodiversidad y bioindicación de impactos causados y asociados a las actividades de origen antrópico y de este modo se evalúa el efecto de la fragmentación sobre los ecosistemas y los procesos ecológicos; la perturbación de los ambientes naturales por efecto de actividades humanas, la evaluación de la contaminación de las corrientes hídricas y de áreas para la conservación.

Muestreo.

Existen varios métodos de muestreo y recolección de macroinvertebrados acuáticos, estos varían de acuerdo al tipo de sustrato y estudio que se pretenda realizar, ya sean de carácter cualitativo o cuantitativo. Para tomar muestras cuantitativas en sustratos pedregosos, haciendo lograr un conteo de individuos por unidad de área, se utiliza la red Surber, siendo esta un marco metálico que puede variar de tamaño (generalmente es menor de 0.25 m²), al cual está unida una red de tejido muy fino (menor de 0,5 mm). El marco metálico se coloca sobre el sustrato en contra de la corriente, se remueven y limpian las piedras que se encuentran dentro de éste. Los organismos removidos quedan automáticamente atrapados en la red, junto con una parte del sustrato. Las orillas con vegetación, son por lo regular muy ricas en fauna de macroinvertebrados. Allí viven especialmente larvas de odonatos, hemípteros, moluscos y crustáceos. Lo más utilizado para estos sitios es el muestreo cualitativo con una red de mano triangular o tipo "D-net". Con la ayuda de estas redes se hace un barrido a lo largo de las orillas con vegetación, atrapando de esta forma los organismos allí existentes. Las muestras

recolectadas por los diferentes métodos se lavan, preferiblemente en un balde limnológico, con malla en el fondo (menor de 0,5 mm) y los organismos se llevan luego al laboratorio almacenados en bolsas o recipientes plásticos con alcohol al 70%, debidamente rotulados para su separación, identificación y conteo (Álvarez, 2005).

Evaluación de la integridad biológica.

En sistemas dulceacuícolas permite estimar, de manera holística, los efectos del impacto de actividades humanas y es una metodología de amplio uso en el manejo de recursos en varias partes del mundo. La integridad biológica se define como la capacidad de un ambiente de soportar y mantener una comunidad adaptada, balanceada e integrada de organismos, que tiene una composición específica, diversidad y organización funcional comparable con la de un hábitat natural de la misma región geográfica. La cuantificación de la integridad biológica se logra sumando varios atributos medibles de una comunidad biológica, que estiman su estructura, composición y funcionamiento (Ramírez Mercado y Medina, 2012).

Biological Monitoring Working Party (BMWP).

Desarrollado en Europa en el siglo XX, a partir de la década de los años setenta es muy popular en Colombia y Latinoamérica, pero es necesario hacer adaptaciones para las diferentes regiones en el continente (Roldán, 2016). Se considera un método simple y rápido de evaluar la calidad del agua, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, analizando hasta nivel de familia, con datos cuantitativos de presencia y ausencia. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, (ver Tabla 1) siendo 10 el más sensible y 1 el más tolerante (Álvarez, 2005). Presentado este método como principal ventaja en hacer integraciones temporales y espaciales, estudios de bioacumulación, dar respuesta a contaminaciones crónicas y puntuales, y medir la degradación del hábitat (Roldán, 2003). Es

importante resaltar estudios realizados en Colombia en base al índice BMWP/col, que, siendo relativamente nuevo, sus inicios muestran registros desde 1970 y en el departamento de:

“Cundinamarca a pesar de que posee un número de reportes muy inferior al de otros departamentos, cuenta con valiosas contribuciones como las realizadas por Castillo (2017) para el río Tunjuelo, donde evalúan la composición de la entomofauna acuática en cuatro zonas con diferente grado de intervención antrópica, de igual forma la investigación realizada en la quebrada La Vieja, ubicada en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá. En el cual se concluye la calidad del agua de un tramo de este cuerpo de agua, donde se utilizó la recolección de macroinvertebrados acuáticos como indicadores, obteniendo un total de 421 individuos en 22 familias, la más abundante fue Simulium con 250 individuos. Con los resultados bióticos se calculó el sistema BMWP/Col (Roldán, 1999), índices de diversidad alfa y beta, Patiño (2015); Gutiérrez y Morales (2015); Jiménez (2015); Pineda y Quiroz (2015); Pérez (2015); Bastida y Rodríguez (2017) y Manrique y Gómez (2017), también han aportado datos que han permitido conocer parte de la fauna departamental, algunos de estos desarrollados en los Parques Nacionales Naturales Chingaza y Sumapaz” (González, 2019).

Tabla 1

Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente: (Roldán, 2003).

Nota: Puntaje asignado a cada grupo de familias

Georreferenciación.

Para el análisis de datos y el desarrollo de esta investigación como factor determinante e importante es la georreferenciación del área de estudio, el cual permite recopilar, almacenar y procesar datos importantes sobre cada uno de los puntos de muestreo, permitiendo plasmar una ubicación espacial por medio de coordenadas, que es significativo tanto en la presentación de cartografías como en los sistemas de información geográficas, permitiendo de esta manera ubicar en determinados puntos en tiempo y espacios reales, capturando la información para ser ubicada geo espacialmente (Escobar et al, 2016).

Metodología

Sitio de estudio.

Se determino como sitio de estudio el Río Botello, siendo esta microcuenca la principal arteria fluvial del municipio de Facatativá, conocido también como río Los Andes que en inmediaciones del área urbana toma el nombre de río Botello cuyo nacimiento se encuentra en el cerro Peñas del Aserradero perteneciente a la vereda la Tribuna a una altura aprox. a los 3.000 m.s.n.m., ubicado al sur-occidente de la cabecera municipal, haciendo un recorrido de 25 kilómetros aproximadamente y desemboca en el Río Bojacá (Alcaldía Municipal, 2020). Su área de drenaje suma una extensión total de 189 km² localizados en jurisdicción de los municipios de Facatativá, Bojacá, Madrid y Mosquera (Antonio & Monroy, 2015), haciendo parte de la provincia Sabana Occidental, a su vez perteneciendo como microcuenca tributaria de la cuenca del río Bogotá.

Figura 1.

Uso del suelo, destinado a ganadería justo sobre la ronda del Río Botello.



Fuente: Autor

Georreferenciación.

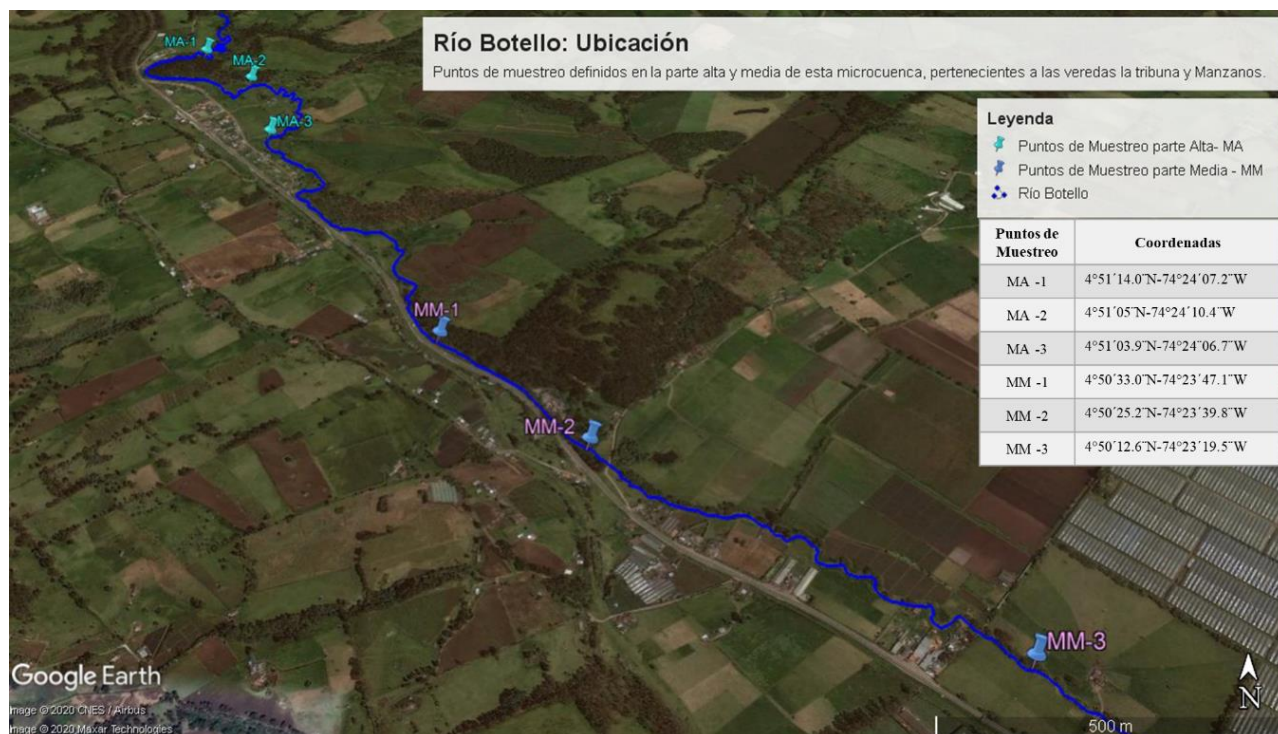
Con el fin de proporcionar con exactitud los puntos de muestreo, se realizó registro de las coordenadas haciendo uso de GPS, a cada uno de los puntos de muestreo de la parte alta y media de la microcuenca se designaron letras y numeración. Estos seis (6) puntos de muestreo se establecieron a partir de los siguientes criterios:

- Parte alta con una distancia aproximada de 100 m entre cada uno.
- Parte media con distancia variable entre cada punto, esto debido a la dificultad para el acceso que se presentaba en algunas zonas.

Teniendo presente los usos del suelo localizados en cada uno de estos puntos, como se muestra en Figura 2.

Figura 2.

Ubicación del Sitio de estudio: Microcuenca río Botello.



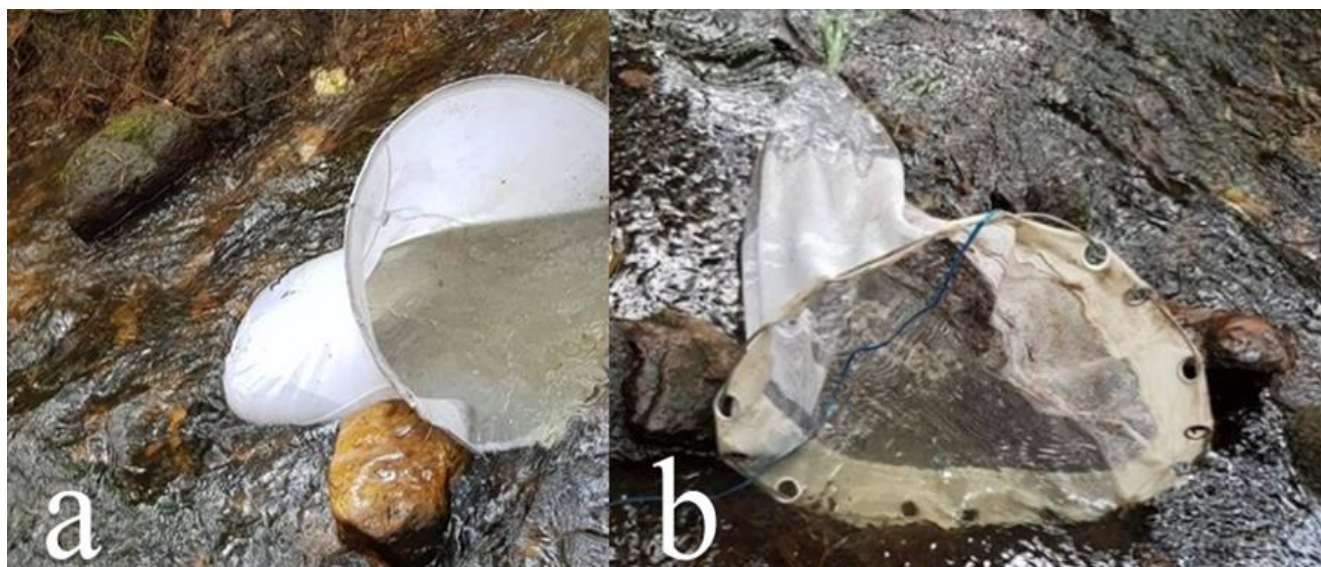
Fuente: Google Earth 2020.

Campo.

Se realizaron ocho (8) salidas a campo, una (1) cada quince días durante un período de cuatro meses, teniendo presente los dos períodos (seco y lluvioso) según el régimen bimodal para Colombia. Durante estas salidas, en cada punto se mantuvo una permanencia de treinta (30) minutos aproximadamente para hacer las diferentes colectas de sedimento, hojarasca, grava y canto pertenecientes al río, estas con ayuda y apoyo de redes tipo surber (Mosquera & Córdoba, 2015), (ver Figura 3). Para los organismos de fácil identificación estando presentes en rocas, ramas y hojarasca se emplearon pinzas entomológicas, realizando la separación de las muestras en frascos de vidrio, debidamente preservadas en alcohol al 70%, rotuladas con lugar, fecha y método, llevadas posteriormente al laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD, sede José Celestino Mutis, Bogotá D.C.

Figura 3.

Redes tipo surber (a-b) utilizadas durante los muestreos.



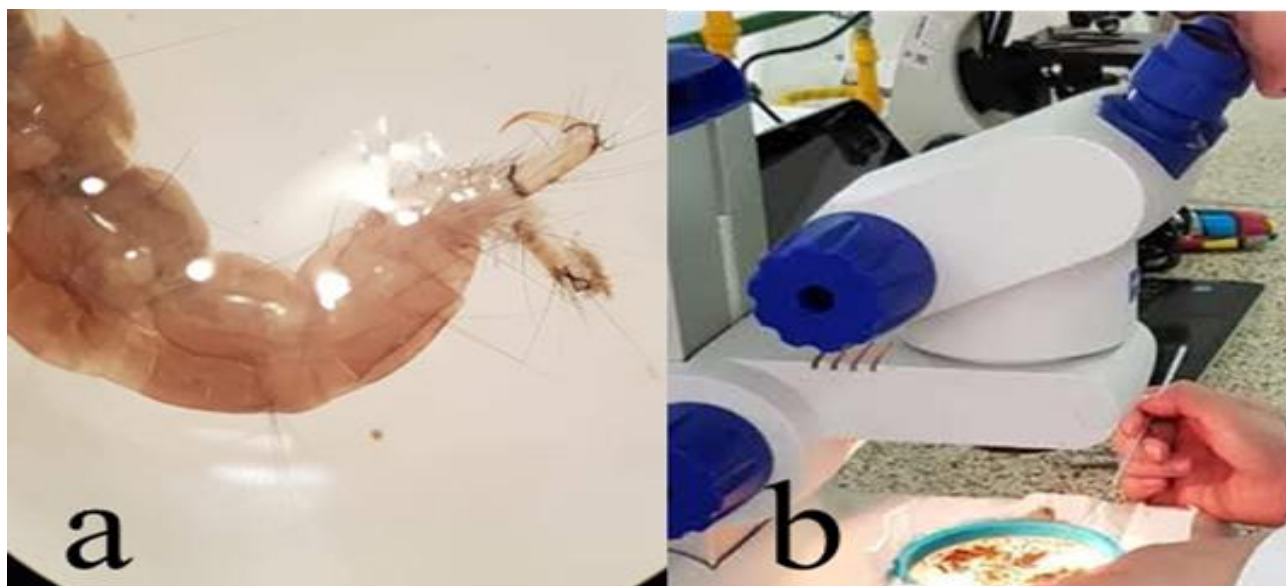
Fuente: Autor.

Laboratorio.

Durante la identificación taxonómica de las especies encontradas de macroinvertebrados (ver figura 4), por medio de tamizaje se realizó separación de los individuos del sedimento y la hojarasca, ubicando cada uno en cajas de Petri, haciendo uso de pinzas entomológicas teniendo cuidado de no maltratarlos, se realizó la caracterización morfológica con apoyo de estereoscopios, empleando como guía las claves especializadas locales y los reportes de distribución de las especies, siendo las principales fuentes de información las claves de: (Roldán, 1996) y (Álvarez, 2005), para finalmente durante este procedimiento hacer su cuantificación y registro en una base de datos.

Figura 4.

En el laboratorio de la UNAD, sede Mutis: a- Imagen de individuo bajo lente del estereoscopio, b- Caracterización haciendo uso de estereoscopio, caja de Petri y pinzas entomológicas.



Fuente: Autor.

Análisis ecológicos y estadísticos.

Con el fin de evidenciar la caracterización de las comunidades hidrobiológicas presentes en el río Botello, se establecen los siguientes análisis ecológicos y estadísticos:

Integridad Biológica.

Para evaluar la integridad biológica, se realizan los análisis descritos a continuación:

- Para determinar la estructura general de las comunidades caracterizadas, se realizó el registro del número de familias identificadas, conteo de los individuos pertenecientes a cada familia, porcentajes de las familias y especies hidrobiológicas únicas asociadas en cada uno de los puntos de muestreo de la parte alta y media de esta microcuenca.
- Prueba de Friedman, que permite comparar los promedios poblacionales y determinar las posibles diferencias significativas en el ensamblaje muestreado.
- Análisis de distribución del Log de abundancia para obtener los valores de distribución de abundancia de los individuos de acuerdo con las familias caracterizadas en cada uno de los puntos de muestreo realizados en esta microcuenca.

Aplicación y evaluación del índice BMW/PCol.

Con las familias caracterizadas en cada uno de los puntos de muestreo, se determina el puntaje obtenido para su posterior clasificación evaluando la calidad del agua y los posibles grados de contaminación.

Sistemas de coberturas.

A partir de la interpretación visual de imágenes de satélite y de acuerdo con la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover adaptada para Colombia, la cual tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie (IDEAM-IGAC y CORMAGDALENA, 2008), en

este caso, para el sitio de estudio ubicado en el río Botello perteneciente al municipio de Facatativá, se asociaron las cobertura y uso del suelo con la calidad del agua encontradas en la parte alta y media de la microcuenca.

Resultados

Integridad Biología

En el laboratorio UNAD sede José Celestino Mutis, para realizar la evaluación de la integridad biológica de las comunidades hidrobiológicas, con las muestras recolectadas y a partir de las características morfológicas más relevantes de cada individuo, cómo se muestra en la tabla, se logró la identificación, conteo y registro total de 593 individuos caracterizados y agrupados en 13 familias, evidenciando a las familias más representativas en cada punto de muestreo y de acuerdo con las características descritas por (Roldán, 1996); para el punto MA-1 la familia Gerridae del orden hemiptera, llamados también "chinchas de agua", se caracterizan por poseer las partes bucales modificadas y tener un "pico" chupador insertado cerca al extremo anterior de la cabeza. En el punto MA-2 y MA-3 la familia Curculionidae del orden coleóptera, estos, presentan una metamorfosis completa, pero son muy diferentes morfológicamente el adulto y la larva. En los puntos MM-1 y MM-2 la familia Chironomidae y en el punto MM-3 la familia Simuliidae ambas familias pertenecientes al orden diptera, la característica más importante de las larvas de los dípteros es la ausencia de patas torácicas. El cuerpo está formado por tres segmentos torácicos y nueve abdominales, es blando y cubierto de cerdas, espinas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan a la locomoción y adhesión al sustrato.

Tabla 2.

Lista de familias caracterizadas en la etapa de laboratorio.

Familias caracterizadas	Puntos de Muestreo						Total de individuos por familia
	MA-1	MA-2	MA-3	MM-1	MM-2	MM-3	
<i>Chironomidae</i>	12	21	10	66	141	5	255
<i>Coenagrionidae</i>	-	-	-	5	7	-	12
<i>Curculionidae</i>	5	23	51	2	20	-	101
<i>Diptera Larva sin identificar</i>	-	-	-	1	-	-	1
<i>Dolichopodidae</i>	-	1	-	1	2	3	7
<i>Gerridae</i>	56	-	-	-	-	-	56
<i>Hydrobiosidae</i>	4	1	-	23	7	2	37
<i>Hydrophilidae</i>	13	2	-	-	-	-	15
<i>Isotomidae</i>	-	-	-	4	1	1	6
<i>Libellulidae</i>	1	-	5	-	-	-	6
<i>Simuliidae</i>	-	-	8	1	3	72	84
<i>Sminthurididae</i>	-	-	1	-	-	-	1
<i>Staphylinidae</i>	-	1	-	-	9	2	12
Total de individuos por punto de muestreo	91	49	75	103	190	85	593

Fuente: Autor.

Nota: Conteo de individuos caracterizados y agrupados en familias por puntos de muestreo de la parte alta y media de la microcuenca.

Estructura general de las comunidades hidrobiológicas.

Al obtener los datos generales de la estructura de los morfotipos caracterizados, se establece la cantidad de familias, el número total de individuos, el porcentaje de abundancia relacionados a cada uno de los puntos de muestreo pertenecientes a la microcuenca en su parte alta y media, como se observan los valores en la tabla 3.

Tabla 3.*Datos generales.*

	Datos Generales					
	MA-1	MA-2	MA-3	MM-1	MM-2	MM-3
Familias	6	6	5	8	9	6
Individuos	91	49	75	103	190	85
Porcentaje de abundancia	15.35%	8.26%	12.65%	17.37%	32.04%	14.33%
Especies Únicas	1	0	1	0	0	0

Fuente. Autor

Nota: Estructura de los individuos caracterizados en la microcuenca en su parte alta y media perteneciente al río Botello del Municipio de Facatativá-Cundinamarca.

Análisis de la Varianza.

Se realiza la comparación de los puntos muestreados en la parte alta y en la parte media del río Botello, evidenciando una estructura uniforme dado que el resultado de p-valor es mayor que 0.5.

Cómo se observa en la tabla 4, el p-valor es 0.797, obtenido en la prueba de Friedman, evidencia que no hay diferencias significativas en los puntos de muestreo pertenecientes a la microcuenca en su parte alta y media. En este sentido se puede definir a esta microcuenca en su parte alta y media como una estructura uniforme.

Tabla 4.*Análisis de la Varianza. Autor.*

Análisis de la Varianza	
	p-valor
Puntos de muestreo	0.7907

Fuente. Autor.

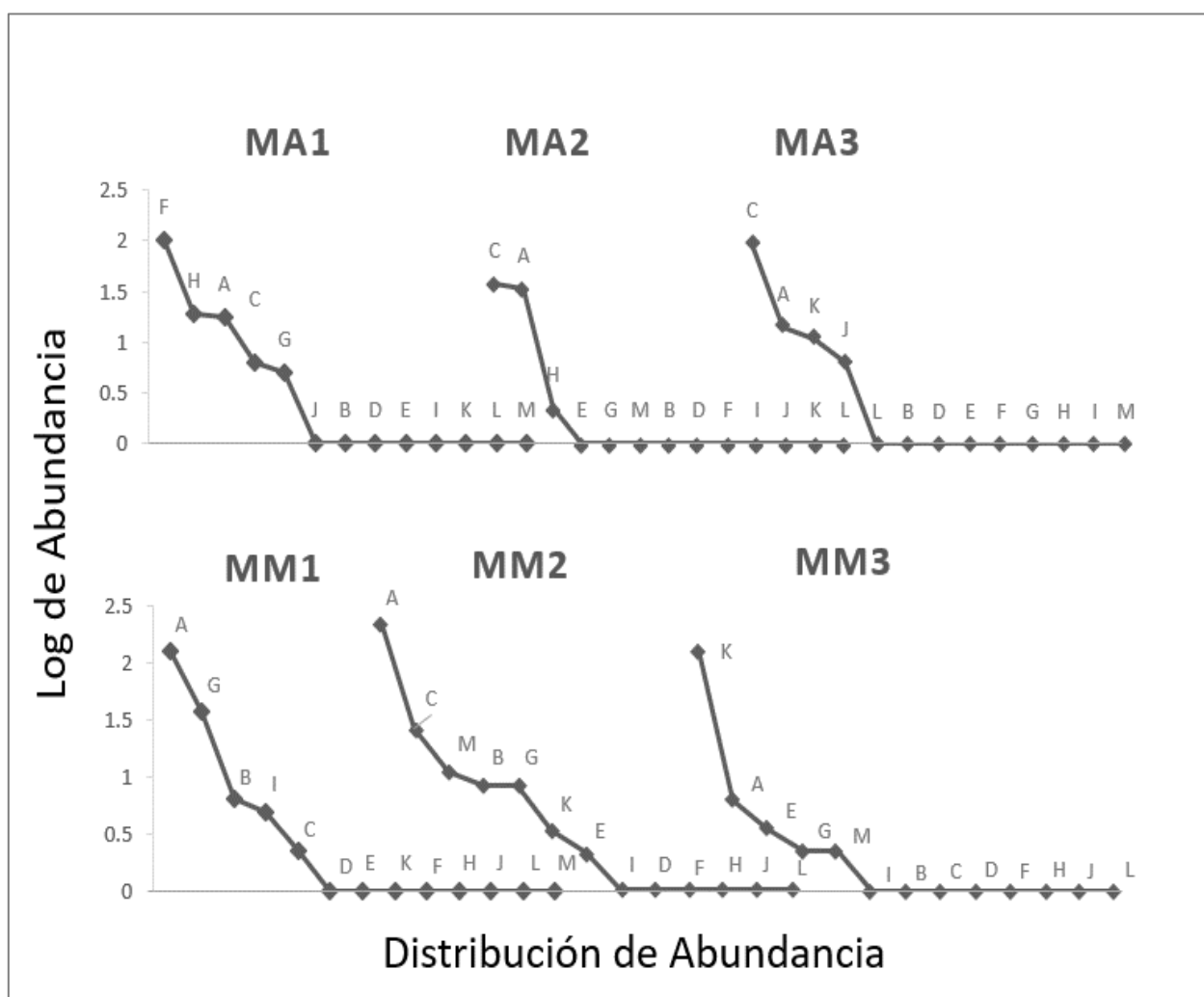
Nota: Prueba de Friedman para las diferencias significativas en el ensamblaje muestreado.

Log de abundancia.

Con el resultado obtenido en Log de Abundancia (ver Figura 5), se puede observar la distribución y abundancia de cada una de las familias caracterizadas y encontramos en la parte alta y en la parte media del río Botello las familias representativas.

Figura 5.

Distribución del log de abundancia del ensamblaje de las morfoespecies caracterizadas en los seis (6) puntos de muestreo en la parte alta y media de la microcuenca del río Botello



Fuente: Autor.

Figura 6.

Imágenes correspondientes a los morfotipos caracterizados en la parte alta y media del río Botello; A: Chironomidae, B: Coenagrionidae, C: Curculionidae, D: Diptera Larva sin identificar, E: Dolichopodidae, F: Gerridae, G: Hydrobiosidae, H: Hydrophilidae, I: Isotomidae, J: Libellulidae, K: Simuliidae, L: Sminthuridae, M: Staphylinidae.



Fuente: Autor.






Aplicación y evaluación del índice BMWP/Col

Se asignó puntuación a cada familia caracterizada con la metodología del índice aplicado para Colombia de acuerdo con (Roldán, 2003), se realizó la sumatoria (ver tabla 5) en cada uno de los puntos de muestreo de la parte alta y media de la microcuenca obteniendo un puntaje por cada una de las familias caracterizadas, lo cual permitió evaluar la calidad del agua perteneciente en la parte alta y media de esta microcuenca, que sitúan los puntos de la parte alta en el nivel IV con color naranja siendo calidad crítica, es decir aguas muy contaminadas, de igual manera en los puntos 1 y 3 de la parte media, con una variación para el punto 2 de la parte media, obteniendo un nivel III con color amarillo, siendo calidad dudosa, es decir aguas moderadamente contaminadas.

Tabla 5.

Lista de las familias caracterizadas.

Familias	Puntos De Muestreo					
	MA1	MA2	MA3	MM1	MM2	MM3
<i>Chironomidae</i>	2	2	2	2	2	2
<i>Coenagrionidae</i>	-	-	-	7	7	-
<i>Curculionidae</i>	4	4	4	4	4	-
<i>Dolichopodidae</i>	-	4	-	4	4	4
<i>Gerridae</i>	8	-	-	-	-	-
<i>Hydrobiosidae</i>	9	9	-	9	9	9
<i>Hydrophilidae</i>	3	3	-	-	-	-
<i>Isotomidae</i>	-	-	-	2	2	2
<i>Libellulidae</i>	5	-	5	-	-	-
<i>Simuliidae</i>	-	-	5	5	5	5
<i>Sminthuridae</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Staphylinidae</i>	-	6	-	-	6	6
Puntaje obtenido	31	28	17	33	39	28

Clase	Calidad	BMWP/col	Significado	Color
I	Buena	>150. 101-120	Aguas muy limpias	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: (Roldán, 2003).

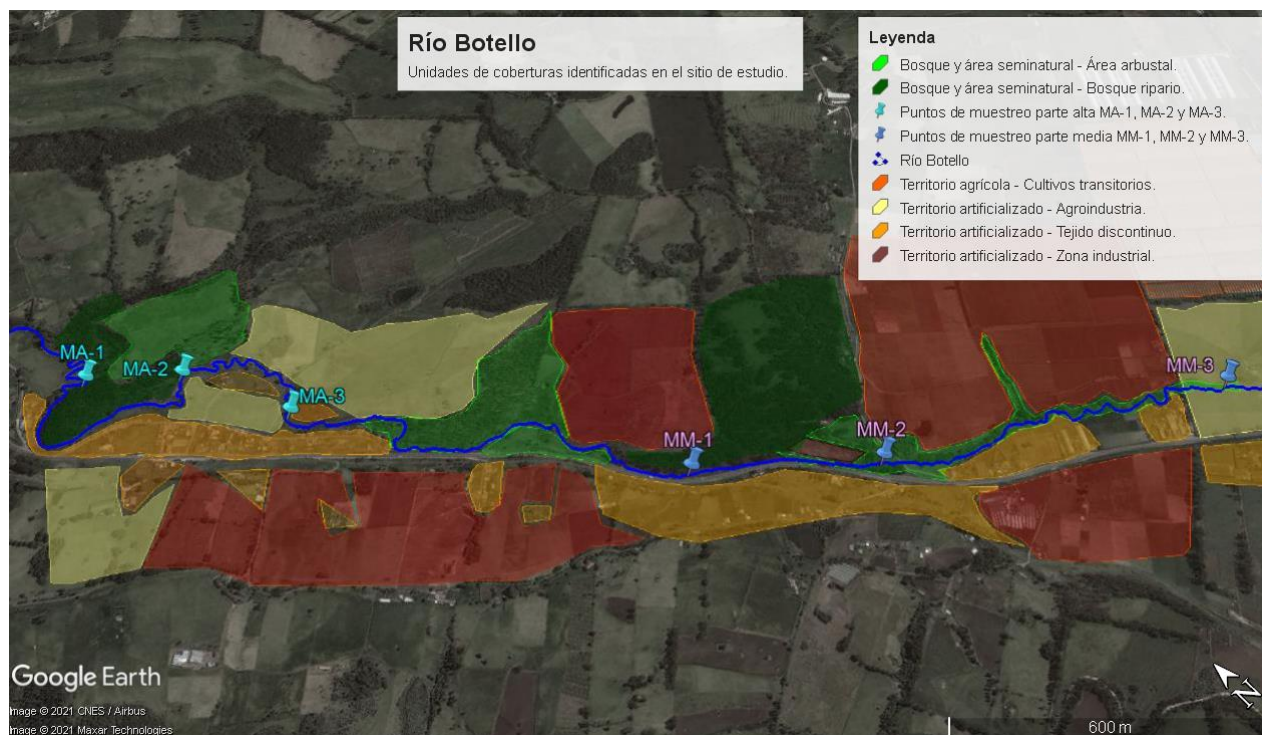
Nota: asignación de puntaje y sumatoria obtenida por cada uno de los puntos de muestreo con la aplicación y evaluación del índice BMWP/Col de acuerdo con (Roldán, 2003).

Coberturas

Como se observa en la figura 7, se presentan las unidades de coberturas identificadas en el sitio de estudio y estas son asociadas con las Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000, de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), presentadas a continuación:

Figura 7.

Unidades de coberturas identificadas en el sitio de estudio. Microcuenca río Botello en su parte alta y media.



Fuente: Google Earth 2020.

Bosque y área seminatural – Área Arbustal.

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (IDEAM, 2010).

Bosque y área seminatural – Bosque Ripario.

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de

bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario (IDEAM, 2010).

Territorio Agrícola- Cultivos Transitorios.

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo (IDEAM, 2010).

Territorio Artificializado – Agroindustria.

Son espacios conformados por pequeñas edificaciones y zonas verdes. La mayor parte del área está destinada para actividades pecuarias y el área está cubierta por pastizales.

Territorio Artificializado – Tejido Discontinuo.

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas (IDEAM, 2010).

Territorio Artificializado – Zona Industrial.

Son las áreas cubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, alquitranados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales.

Por lo anterior y de acuerdo con la Resolución 0973 del 25 de mayo, 2015 en la cual se determina la zona de protección del río Botello y a su vez se han establecido los usos de esta microcuenca los cuales se encuentran descritos a continuación:

- Uso Principal. Conservación de suelos y restauración de la vegetación adecuada para la protección de los mismos.
- Usos compatibles. Recreación pasiva o contemplativa.
- Usos condicionados. Captación de aguas o incorporación de vertimientos, siempre y cuando no afecten el cuerpo de agua ni se realice sobre nacimientos la construcción de infraestructura de apoyo para actividades de recreación embarcaderos, puentes y obras de adecuación, desagüe de instalaciones de acuicultura y extracción de material de arrastre.
- Usos prohibidos: usos agropecuarios, industriales, urbanos, y suburbanos, loteo y construcción de viviendas, minería, disposición de residuos sólidos, tala y rocería de la vegetación.

Discusión

En el área de estudio de la presente investigación, se evaluaron las comunidades de macroinvertebrados en la microcuenca del río Botello, como se muestra en la figura 8, obteniendo que en la parte alta de la microcuenca existe una distribución de diferentes taxones a una escala baja, media y alta con una tendencia homogénea ya que se identificaron taxones de las familias Curculionidae, Chironomidae, Hydrophilidae, Gerridae, Hydrobiosidae, Simuliidae y Libellulidae, en la parte media se evidencia que en el punto MM3 existe una dominancia de la familia Simuliidae ya que en la escala media no se encuentra una distribución homogénea, así mismo se identifican taxones de las familias Chironomidae, Coenagrionidae, Curculionidae, Dolichopodidae, Hydrobiosidae, Isotomidae, Simuliidae, y Staphylinidae.

La familia Gerridae presentó una de las mayores abundancias de las familias caracterizadas en el punto MA1 de la parte alta, a su vez no se registró en los demás puntos de muestreo, esto se debió a la sensibilidad tensoactiva en el agua, siendo un macroinvertebrado con un grado de sensibilidad alto frente a las alteraciones del medio ambiente y los diferentes grados de contaminación presente en la zona (González, 2019).

La familia Chironomidae presentó la mayor abundancia, encontrándose en todos los puntos muestreados de la parte alta y media, con mayor representatividad en los puntos MM-1 y MM-2, esto se debe a la capacidad reproductiva y a la tolerancia frente a las alteraciones del medio ambiente y los diferentes grados de contaminación presente en la zona (González, 2019). Esta familia incluye muchos géneros y especies que cubren todo tipo de ecosistemas acuáticos, así como todo el rango de calidad del agua, desde zonas de aguas frías y muy limpias, hasta zonas muy contaminadas y anóxicas.

La familia Curculionidae de orden coleóptera como describe (Girón Duque, 2018), es uno de los grupos más diversos y complejos en los estudios actuales debido a que muchos de los individuos son semiacuáticos, y en ocasiones es difícil definirlos como acuáticos o terrestres, aún más, algunas formas terrestres pueden caer accidentalmente al agua lo que hace aún más difícil su clasificación para quienes no son expertos. Existen numerosas especies dulceacuícolas cuyas larvas se alimentan de vegetación acuática y es necesario resaltar que sobre esta familia los estudios son relativamente escasos.

La familia Hydrophilidae se registró solo en los puntos MA-1 y MA-2 pese a que es una de las familias de coleópteros acuáticos con mayor número de representantes mundiales, tienen la capacidad de sumergirse y nadar en la columna de agua, estando asociados a diferentes tipos de hábitat, desde efímeros (como charcos que se forman por las lluvias) hasta permanentes y estables como ríos y lagos, también se encuentran en aguas estancadas, por esto presentan una alta tolerancia a la contaminación, (Roldán, 2016).

La familia Hydrobiosidae registro en la mayoría de los puntos de muestreo de acuerdo con (Roldán, 2016) esta familia se encuentra en las zonas de corrientes de ríos y quebradas, posee una alta distribución en Suramérica, con más de 20 géneros, la mayoría de los individuos se encuentran en corrientes de agua fría de las montañas.

La familia Libellulidae registrada en los puntos MA-1 y MA-3 y la familia Coenagrionidae registrada en los puntos MM-1 y MM-2 de acuerdo con (Roldán, 2016) estas familias presentan amplios rangos de distribución altitudinal y tienen la capacidad de adaptarse en áreas con alto grado de intervención antrópica.

La familia Simuliidae con presencia en la mayoría de los puntos de muestreo de la parte alta y media de acuerdo con lo registrado por (Tolrá & Andersen, 2015) esta familia se encuentra entre las posibles trasmisoras de enfermedades y pueden llegar a ser vectores de la malaria, dengue, fiebre amarilla y paludismo, entre otras.

La distribución de los taxones de las familias identificadas en la presente investigación conllevan a que se presentan por la tolerancia ante contaminantes pero no en altas concentraciones como es el caso de la familia Hydrophilidae, producto de las dinámicas propias de las regiones de la sabana que realizan una explotación agrícola extensiva, donde se logra identificar cultivos de fresa y de flores para el área de estudio, así como actividades de ganadería que hace que se presenten grandes extensiones de pastos que asocian la presencia de familias como la Simuliidae que son dominantes en el punto MM3 del muestreo, asociadas a la ganadería fuertemente presente en la parte media de la microcuenca.

En el área de estudio de la presente investigación se encontraron taxones de la familia Chironomidae, que, según Müller, son individuos que presentan una alta variedad ecológica y se asocian a cuerpos de agua fuertemente contaminados por materia orgánica, siendo útiles para evaluar e interpretar los cambios en la calidad del agua, y según los resultados de distribución se registraron en puntos de muestreo de la parte alta y media.

Al evaluar las comunidades de macroinvertebrados, se evidencia que en la parte alta y media de la microcuenca no se presenta diferencias significativas (Tabla 4) según el análisis de varianza, de acuerdo con la identificación de las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en la zona, estas, guardan relación con la calidad del agua que se evaluó haciendo uso del índice BMWP/Col.

Parte de las condiciones físicas encontradas en el área de estudio está relacionada con el grado de conservación que existe en el área de la ronda hidrográfica, ya que en la parte alta se encontraron coberturas boscosas que aporta condiciones de protección a la microcuenca y por esto se presentó el registro de taxones de la familia Gerridae, situación que en la parte media donde se encontraron áreas dedicadas a actividades de ganadería, siendo, coberturas de pastos que generan alteración ecosistémica por actividad antrópica facilitando las condiciones para el registros de taxones de la familia Simuliidae, además de las descargas de vertimientos que se evidenciaron río arriba respecto al uso industrial, asentamientos ilegales y grandes producciones de flores y actividades pecuarias.

En este sentido y de acuerdo con (Castro, 2014), en la actualidad el uso y aplicación de los indicadores biológicos permiten obtener información relevante sobre diversos temas ambientales; siendo a su vez una metodología de bajo costo y eficiente, tal como se observa en las figuras 10-11 con la aplicación del índice BMWP/Col. permite evaluar y determinar la calidad del agua indicando en los puntos MA1, MA2, MA3, MM1 y MM3 agua con calidad crítica o aguas muy contaminadas y en el punto MM2 agua con calidad dudosa o aguas moderadamente contaminadas, con estos resultados no encontramos variaciones en la calidad del agua en la parte alta y media de esta microcuenca; esto refleja las malas condiciones del ecosistema acuático (Madera et al, 2016).

Para el río Botello esta contaminación es significativa al ser tributario del río Bogotá y al comparar con la situación general de la región a la cual pertenece la cuenca del río Bogotá, encontramos que los conflictos de uso de las tierras en cuanto al uso del suelo en la jurisdicción según la (CAR, 2012 - 2023) nos muestra que la mayor área la ocupan las actividades de pastoreo y de cultivos se acerca al 64,2% del territorio, donde dominan los pastos con

aproximación al 44%. Si se hace la comparación de la proporción del territorio que tiene potencial agropecuario, con el uso actual, se tiene que la relación está totalmente invertida, mientras las zonas con potencial agropecuario solamente llegan al 30% del total de la jurisdicción, el uso actual alcanza prácticamente el doble del potencial, llegando al 64%, lo que configura un conflicto de uso por sobreutilización en el 34% de la jurisdicción. Es evidente, que el principal problema de la cuenca es la oferta y calidad del recurso hídrico, y la cuenca del río Bogotá es la cuenca hídrica más contaminada del país.

Es importante resaltar que el río Botello es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para la población perteneciente al municipio de Facatativá y en contraste con el recurso hídrico como componente integrador de las estrategias de gobernabilidad que se desarrollan en todos los municipios del Departamento de Cundinamarca debe estar inmerso en los diferentes sectores de la planeación territorial y articulado con otros instrumentos de gestión pública, considerando paralelamente los diferentes usos del recurso, ya que la decisión de manejo sobre uno incide directamente sobre los otros, principio básico de la Gestión Integral el Recurso Hídrico, en la cual un uso es generador de impacto y posible conflicto sobre otro (Contraloría de Cundinamarca, 2016)

Con base en lo anterior podemos definir que el Río Botello ha sido impactado de manera negativa por los diferentes usos del territorio asociados con actividades antrópicas, donde se evidencian las consecuencias sobre las comunidades de macroinvertebrados, estas comunidades, de acuerdo con (Chaves, 2015), la familia Gerridae, nos muestra su alta sensibilidad a la interferencia antropogénica, a su vez las familias caracterizadas que se encuentra en esta microcuenca cuentan características definidas, lo cual ha permitido asociar la ausencia y presencia de estas en los diferentes puntos de muestreo y relacionarlas con los diferentes grados

de contaminación presente en la parte alta y en la parte media de esta microcuenca y de acuerdo con lo obtenido en las unidades de coberturas que actualmente se conectan con la ronda del río Botello evidencia una modificación y sobreuso del suelo, especialmente por las zonas destinadas para la agricultura siendo esta una de las principales actividades económicas que se desarrollan en este municipio y su vez la que más demanda genera en cuanto al abastecimiento del recurso hídrico.

También es importante considerar que los ríos reciben y transportan vertimientos con cargas contaminantes y altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión y aguas residuales provenientes del desarrollo de las diferentes actividades económicas y el crecimiento de la población. Estas situaciones se incrementan diariamente, por lo cual es necesario implementar acciones necesarias para abordar esta problemática con el fin de disminuir su impacto en los procesos naturales y sociales (MinAmbiente, 2020).

Conclusiones

La caracterización de las diferentes familias encontradas en la parte alta y media de esta microcuenca y su uso como bioindicadores empleados para diferentes análisis ecológicos y estadísticos ayudó a determinar la calidad del agua.

Las familias encontradas en los diferentes puntos de muestreo permitieron establecer una estructura ecológica uniforme y lo que indica que pese a los diferentes grados de contaminación esta comunidad hidrobiológica se encuentra representada en la microcuenca.

Al evidenciar los diferentes grados de contaminación en los diferentes puntos muestreados vemos como algunas familias de macroinvertebrados tienden a desaparecer como la familia Gerridae, estando esto relacionado con la calidad del agua.

La aplicación y evaluación del índice BMWP/Col, permitió determinar la calidad del agua que presenta el río Botello en los puntos de muestreo establecidos en la parte alta y media de esta microcuenca, siendo esta una metodología sencilla y fácil de aplicar.

Al asociar las unidades de coberturas identificadas en el sitio de estudio y los diferentes grados de contaminación establecidos mediante la evaluación del índice BMWP/Col, se determina que la alteración de la calidad del agua está relacionada con las diferentes actividades antrópicas desarrolladas en áreas conectadas a la ronda del río Botello.

Pese a que en el municipio de Facatativá existe normatividad que da prioridad de protección sobre el recurso hídrico, vemos como las diferentes actividades generan un impacto

negativo, alterando los diferentes servicios ecosistémicos que son de gran importancia y representatividad del municipio.

3. Recomendaciones

Es indispensable en el buen sentido, que exista por parte de la población y entes gubernamentales una apropiación del recurso hídrico y su efectiva protección dado que es una de las principales fuentes de abastecimiento para el municipio de Facatativá y el deterioro de este recurso además de los impactos ambientales generados a los diferentes ecosistemas que interactúan en él, afecta directamente a la población en general de este municipio.

Como observación durante las salidas a campo para la recolección de muestras, se evidencio falta de vegetación como componente principal para la protección y delimitación de la zona de protección del Río Botello, por lo cual al pertenecer a la jurisdicción territorio CAR, esta entidad debe promover jornadas para la siembra de árboles y de esta manera fortalecer la vegetación existente garantizando la recuperación y conservación de esta microcuenca.

Para las diferentes actividades económicas que se desarrollan en áreas cercanas a la ronda del río Botello es muy importante adoptar un modelo sostenible con el fin de mitigar el impacto ambiental generado sobre este recurso hídrico, permitiendo una recuperación y conservación sobre esta microcuenca.

Para una mejor aplicación y adaptabilidad de índices hidrobiológicos es necesario fortalecer y actualizar las descripciones existentes en cuanto a las comunidades acuáticas en las diferentes regiones del país, en especial las descripciones pertenecientes al departamento de Cundinamarca, donde los registros son escasos y para algunas familias de macroinvertebrados es inexistente.

4. Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Municipal. (2020). *Nuestro Municipio. Fluviales*. Alcaldía Municipal de Facatativá en Cundinamarca: <http://www.facatativa-cundinamarca.gov.co/>
- Álvarez. (2005). *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Bogotá. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- Álzate & Hernández. (2007). *El agua del Municipio de Facatativá como Vector de Transmisión de Rotavirus Grupo A. Trabajo de Grado*. Pontificia Universidad Javeriana.: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8299/tesis12.pdf?sequence=1&idAllowed=y>
- Antonio & Monroy. (2015). *Modelación hidrodinámica y determinación de la calidad del agua en el río Botello, Facatativá, Cundinamarca, Colombia. Artículos de Investigación*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. Vol. 6 Núm. 1: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1272>
- Atehortúa, B. e. (2019). Medición y Análisis De La Diversidad De Comunidades Hidrobiológicas: Una Perspectiva Desde La Ingeniería Ambiental. *Revista Politécnica*. ISSN 2256-5353. Año 15, Número 28., s 32-41.
- CAR. (2006). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá*. Unidad Nacional para la Gestión del riesgo de desastres: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/22595>
- CAR. (2012 - 2023). *Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR* . <http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/16/PGAR%202012%202023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Casas. (2016). *Evaluación de la huella hídrica del cultivo de flores de especie Hydrangea en el municipio de Facatativá*. Universidad de la Salle. Ciecía Unisalle: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/403
- Castro. (2014). *Indecadores de la calidad del agua: Evolución y tendencia a nivel global*. Water Quality Indexes: Evolution and Trends at the Global Level”, ing. Solidar, vol. 10, no. 17, pp. 111-124, Dec. : <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/811>
- Chaves, D. &. (2015). *Entomofaunal Comparasion Under Three Landcape Conditions at the Cerro de Juaica (Tenjo, Cundinamarca)*. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 18(1): 127-136, Enero-Junio: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v18n1/v18n1a15.pdf>
- Contraloría de Cundinamarca. (2016). *Informe anual del estado de los recursos naturales y del ambiente del departamento de Cundinamarca*. Agua Potable: http://www.contraloriadecundinamarca.gov.co/attachment/002%20informes/008%20informe_anual_del_estado_de_los_recursos_naturales_y_del_ambiente_del_departamento_de_cundinamarca/2016/aguapotable.html

- Ecoforest Ltda. (s. f.). *Elaboracion del Diagnostico, Prospectivo y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá*. Planeación Ecologica Ltda:
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac25b19243a8.pdf>
- Escobar et al. (2016). *Georreferenciación de localidades: Una guía de referencia para colecciones biológicas*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 144 p.: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35180>
- Estupiñán, Á. y. (2012). *Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia*. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 50(2), 163-168.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032012000200004&lng=es&tlng=es.
- Fernández. (Julio-Diciembre de 2009). *La crisis del agua en América Latina. N° 4*. Revista Estudios Culturales: http://servicio.bc.uc.edu.ve/multidisciplinarias/estudios_culturales/
- Girón Duque, J. &.-D. (2018). *Escarabajos del Neotrópico (Insecta: Coleoptera)*. Capítulo 12: Estado del conocimiento de los curculionidae (coleoptera: curculionidae) en Colombia: https://www.researchgate.net/publication/330505705_Estado_del_conocimiento_de_los_Curculionidae_Coleoptera_Curculionoidea_en_Colombia
- González. (2019). *Estudio de la Entomofauna Acuática Presente en el río Palmar, Cundinamarca*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. facultad de Ciencias y Educación:
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/22268/1/Estudio%20de%20la%20entomofauna%20acu%C3%A1tica%20presente%20en%20el%20r%C3%ADo%20Palmar%20C%20Cundinamarca..pdf>
- Guerrero, E. &. (2006). *La Aplicación del Enfoque Ecosistémico. Un análisis de estudios*. UICN. Quito, Ecuador: Fraga.
- Guzmán, N. y. (2015). *La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012*. Biomédica, vol. 35, núm. 2, pp. 177-190:
redalyc.org/pdf/843/84340725018.pdf
- Hanson, e. a. (2010). *Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos*. Rev. biol. trop vol.58 suppl.4 San José:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
- IDEAM-IGAC y CORMAGDALENA. (2008). *Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto

- Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas:
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021521/LIBROCORINEFINAL.pdf>
- Madera et al. (2016). *Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación*. Inf. tecnol. vol.27 no.4 La Serena:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000400011
- Melo, C. y. (2016). *Evaluación de la huella hídrica del cultivo de flores de especie hydrangea en el municipio de Facatativá*. Universidad de La Salle. Ciencia Unisalle 1-1-2016:
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1402&context=ing_ambiental_sanitaria
- MinAmbiente. (2020). *Agua. Calidad del Agua*. SIAC: <http://www.siac.gov.co/calidadagua>
- Mosquera & Córdoba. (2015). *Caracterización de la entomofauna acuática en cuatro quebradas de la cuenca del río San Juan, Chocó, Colombia*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 39(150):67-76, enero-marzo de 2015:
<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v39n150/v39n150a07.pdf>
- Navarro. (2004). *Representación social del agua y de sus usos*. Psicología desde el Caribe, núm. 14, diciembre, pp. 222-236: <https://www.redalyc.org/pdf/213/21301409.pdf>
- Ramírez Mercado y Medina. (diciembre de 2012). *Validación de dos índices biológicos de integridad (IBI) en la subcuenca del río Angulo en el centro de México*. Revista de Biología Tropical, vol. 60, núm. 4, pp. 1669-1685:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44925088023>
- Ramírez, T. &. (2013). *MACroinvertebrados Bentónicos y la calidad del agua en un tramo del Río Bogotá. Cajica-Cundinamarca*. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(1): 205 - 214:
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/876/1025>
- Roldán. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Centro de Investigaciones, CIEN: <http://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf>
- Roldán. (1999). Los Macroinvertebrados y su Valor Como Indicadores de la Calidad del Agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 375-387.
- Roldán. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Editorial Universidad de Antioquia:
<https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=ZEjgIKZTF2UC&oi=fnd&pg=PR11&dq=BMWP+&ots=IMoY1yCwKH&sig=Js7g84XKbIbgu0OCxoUPvwhGnv0#v=onepage&q=BMWP&f=false>

- Roldán. (2016). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex Fir. Nat. 40(155): 254-274: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/335>
- Sánchez & García. (2018). *Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, en el cauce del río Guachicos, que surte el acueducto del municipio de Pitalito. Universidad Abierta y a Distancia UNAD*. <https://stadium.unad.edu.co/>:
<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/21168/1/362>
- Tolrá & Andersen. (2015). Orden Diptera. *Revista IDE@ - SEA*, 59: 36 pp. <http://www.sea-entomologia.org/IDE@>.
- Vega. (2011). *Propuesta Para Promover el Manejo Eficiente del Recurso Hídrico en la Microcuenca Alta del Río Botello en el Municipio de Facatativá, Desde el Marco de la Gestión Integral del Agua*. Trabajo de Grado presentado como requisito para optar por el título de Magister en Gestión Ambientasl. Pontifivía Universidad Javeriana:
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/3644/VegaMendozaHelmer2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yáñez y Villacís. (2016). *El agua en América Latina*. Journal of the Selva Andina Biosphere; 4(2):46-47.: http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v4n2/v4n2_a01.pdf
- Zuñiga, e. a. (2014). *Entomofauna acuática del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano, con énfasis en Ephemeroptera y Plecoptera*. Rev. biol. trop vol.62 suppl.1 San José: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000500016